

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 8 月 4 日 (04.08.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/071381 A1

(51) 国際特許分類: G01M 11/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001007

(22) 国際出願日: 2005 年 1 月 26 日 (26.01.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2004-018512 2004 年 1 月 27 日 (27.01.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.) [JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹永 勝宏 (TAKENAGA, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 官 寧 (GUAN, Ning) [CN/JP];

〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 松尾 昌一郎 (MATSUO, Shoichiro) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 姫野 邦治 (HIMENO, Kuniharu) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 原田 光一 (HARADA, Koichi) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

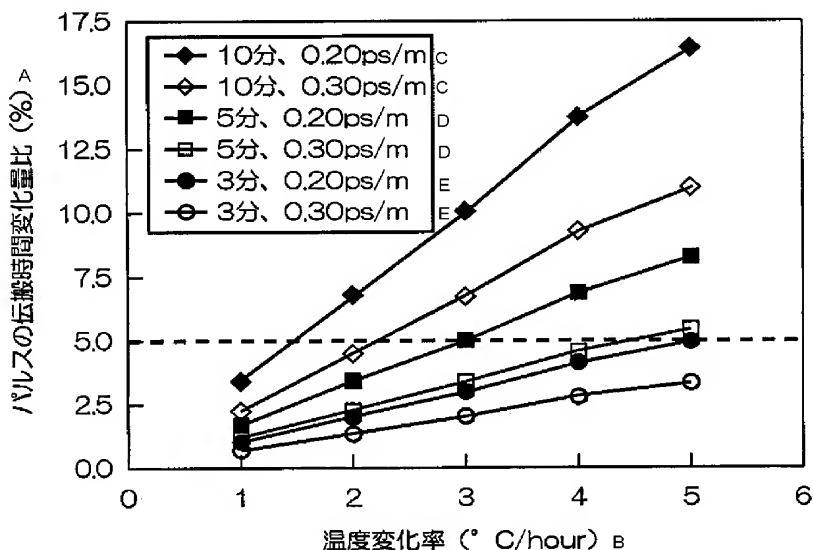
(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒1048453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: MULTI-MODE OPTICAL FIBER MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: マルチモード光ファイバの測定方法



A... PULSE PROPAGATION TIME CHANGE AMOUNT RATIO (%)

B... TEMPERATURE CHANGE RATE (°C/Hour)

C... 10 MINUTES

D... 5 MINUTES

E... 3 MINUTES

(57) Abstract: There is provided an accurate measurement method for improving the DMD measurement accuracy of a multi-mode optical fiber, and accurately measuring and evaluating the characteristic of multi-mode optical fiber. In the DVD measurement of the multi-mode optical fiber, a temperature change in the measurement time is monitored and the DMD measurement is performed while controlling the temperature change amount.

[続葉有]

WO 2005/071381 A1



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: マルチモード光ファイバのDMD測定精度を向上させ、マルチモード光ファイバの特性を正確に測定し、評価するための精密な測定方法を提供する。マルチモード光ファイバのDMD測定において、測定時間内の温度変化をモニターし、温度変化量を制御した環境下でDMD測定を行うことを特徴とする。

明 細 書

マルチモード光ファイバの測定方法

技術分野

- [0001] 本発明は、マルチモード光ファイバの特性を正確に測定する方法に関する。広帯域マルチモード光ファイバの評価方法としてDMD (Differential mode delay) 測定があり、本発明を用いてDMDを測定することにより、測定環境の変化による影響を低減し、正確な測定が可能となる。

本願は、2004年1月27日に出願された特願2004-18512号に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

- [0002] 近年、高帯域なGI光ファイバを評価する方法として、DMD測定法が規格化されている。この測定を行うことにより、IECの規格で規定されているような10Gbpsで300m伝送可能な高帯域GI光ファイバを保証することができる。

そこで、DMD測定を高い精度で行うことは、品質保証の面から非常に重要である。測定の規格には、測定精度に関して「測定の揺らぎは、測定するDMD値の5%以内でなければならない」と規定している。

非特許文献1:IEEE 802.3ae

非特許文献2:IEC/PAS 60793-1-49

非特許文献3:TIA-455-220

非特許文献4:信越石英、石英ガラス技術ガイドー1 石英ガラスの化学的、物理的特性、p. 7. (<http://www.sqp.co.jp/seihin/catalog/pdf/g1.pdf>)

非特許文献5:信越石英、石英ガラス技術ガイドー2 石英ガラスの光学的特性、p. 7. (<http://www.sqp.co.jp/seihin/catalog/pdf/g2.pdf>)

非特許文献6:IEC 60793-2-10

特許文献1:特開2003-195085号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] しかしながら、前述した非特許文献1〜3、6には、DMD測定を高い精度で行うための具体的な手段は記載されていない。本発明者らは、実際にDMD測定を行い、その測定精度に問題が生じないかを検討した。

その結果、DMD測定中に光ファイバの温度が変化することにより、光ファイバの屈折率、条長が変化し、DMD測定を正確に行うことができないという問題点を見出した。

これは、僅かな温度変化によっても引き起こされ、DMDの測定及び評価において非常に重要な問題である。

[0004] 本発明は前記事情に鑑みてなされ、光ファイバのDMD測定精度を向上させ、マルチモード光ファイバの特性を正確に測定し、評価するための精密な測定方法の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 前記目的を達成するため、本発明は、マルチモード光ファイバのDMD測定において、測定時の温度変化をモニターし、その温度変化が小さくなる環境下で測定を行うことを特徴とするマルチモード光ファイバの測定方法を提供する。

本発明において、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が 0.4°C 以下であることが好ましい。また、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が 0.3°C 以下であることがより好ましい。

本発明において、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が小さくなるように、測定する周囲環境の温度変化を小さく制御してDMD測定を行うことが好ましい。

この場合、周囲環境の温度変化率を $\pm 1.0^{\circ}\text{C}/\text{時間}$ 以下に制御した環境下でDMD測定を行うことがより好ましい。

また本発明の方法において、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が 0.4°C 以下になるように、測定時間を短くしてDMD測定を行うこともできる。

この場合、測定時間を10分以内とすることが好ましく、さらに測定時間を3分以内とすることがより好ましい。

また、本発明において、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が 0.4°C 以下になるように、測定する周囲環境の温度変化が小さくなるように制御された環境下で、且つ測定時間を短くしてDMD測定を行うこともできる。

さらに、本発明において、DMD測定を行う前に、被測定ファイバを測定環境下に置いて、該光ファイバの温度が測定環境の温度と実質的に等しくなった後、DMD測定を行うことが好ましい。

発明の効果

[0006] 本発明によれば、マルチモード光ファイバのDMD測定において、測定時間、測定ファイバの温度変化率の積の絶対値を小さく保ちながら測定することによって、精度の高いDMD測定をすることができる。

また、測定温度変化が小さくなるように周囲環境の温度を制御することによって、精度の高いDMD測定が可能になる。

また、測定時間を短くすることによって、測定ファイバの温度変化の影響を小さくすることが可能となり、精度の高いDMD測定が可能となる。

このように、高い測定精度でマルチモード光ファイバのDMD測定を実施することによって、製品の高い品質保証が可能になるとともに、生産歩留まりが向上する。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]マルチモード光ファイバの温度変化量とパルス伝搬時間変化量比との関係を示すグラフである。

[図2]マルチモード光ファイバの測定時間10分の場合の温度変化率とパルスの伝搬時間変化量比との関係を示すグラフである。

[図3]マルチモード光ファイバの測定時間10分、5分、3分の場合のそれぞれの温度変化率とパルスの伝搬時間変化量比との関係を示すグラフである。

[図4]マルチモード光ファイバのDMD測定において、被測定光ファイバの励振位置を示す光ファイバの斜視図である。

[図5]マルチモード光ファイバのDMD測定において、DMD測定波形を例示するグラフである。

符号の説明

[0008] 1…被測定光ファイバ(マルチモード光ファイバ)、2…コア領域、3…クラッド領域、4…励振位置。

発明を実施するための最良の形態

[0009] 本発明のマルチモード光ファイバの測定方法は、マルチモード光ファイバのDMD測定において、測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積の絶対値が0.4℃以下、好ましくは0.3℃以下になる条件下でDMD測定を行うことを特徴としている。

[0010] 温度変化によってDMD測定に影響が現れる原因は、測定する光ファイバが温度変化を受けることにより、光ファイバの屈折率、長さが変化することにある。すなわち、温度変化により光ファイバ中の伝搬時間が温度変化前後で異なることが原因である。パルスを用いて時間領域で測定するDMD測定は、このズレが直接測定に反映され、DMD測定で測定されるモード分散による変化と見分けがつかなくなる。よって、温度変化によりDMD測定の結果は影響を受ける。

[0011] そこで、まず計算により温度変化がDMD測定に与える影響について定量的に求めた。

その計算及び計算結果について次に説明する。

長さL、屈折率nの光ファイバの、温度がΔTだけ変化した時の、長さL'、屈折率n'は、線膨張係数αと屈折率温度係数βを用いて、それぞれ下式(1)、(2)により表される。

[0012] [数1]

$$L' = L + \Delta L = L + \alpha \cdot L \cdot \Delta T \quad \dots (1)$$

[0013] [数2]

$$n' = n + \Delta n = n + \beta \cdot \Delta T \quad \dots (2)$$

[0014] また、温度変化前、温度変化後の光のファイバ伝搬時間t(L, n)、t(L + ΔL, n + Δn)は下記式(3)、(4)のように表される。ここで、cは光速である。正確には光ファイ

バ中の伝搬速度は、モードごとに異なり、あるモードの群屈折率を n_g としたときに c/n_g となるが、ここでは伝搬時間の差のみを扱うので、わずかな差は問題にならない。よって $n_g \div n$ として式(3)、(4)を導き出した。

[0015] [数3]

$$t(L, n) = \frac{L \cdot n}{c} \quad \dots (3)$$

[0016] [数4]

$$t(L + \Delta L, n + \Delta n) = \frac{(L + \Delta L) \cdot (n + \Delta n)}{c} \quad \dots (4)$$

[0017] よって、温度変化前後の光のファイバ伝搬時間の差 Δt は次式(5)のようになる。式(5)の2行目は1行目の右辺の最後の項を無視して近似し整理した式である。

[0018] [数5]

$$\begin{aligned} \Delta t &= t(L + \Delta L, n + \Delta n) - t(L, n) = \frac{1}{c} \{ L \cdot \Delta n + n \cdot \Delta L + \Delta L \cdot \Delta n \} \quad \dots (5) \\ &\approx \frac{1}{c} \{ L \cdot \Delta n + n \cdot \Delta L \} \end{aligned}$$

[0019] ここで、測定規格(非特許文献2)からの要請である「測定の揺らぎは、測定するDMD値の5%以内でなければならない」を満足するため次式(6)が導出される。ここで、 DMD_{\min} ((ps/m))は測定を想定する最小DMD値である。

[0020] [数6]

$$\frac{|\Delta t|}{DMD_{\min} \times L} \leq 0.05 \quad \dots (6)$$

[0021] よって式(6)の条件から、最大の温度変化量 ΔT_{\max} を求めることができる。ここで、 ΔT_{\max} は、式(6)を満たす最大の変化量の絶対値である。

[0022] 以上のことから「測定時間 $t_{\text{measurement}}$ 」と「測定中の光ファイバの温度変化率 k_{fiber} 」は、次式(7)を満たさなければならない。

[0023] [数7]

$$\left| t_{\text{measurement}} \times k_{\text{fiber}} \right| \leq \Delta T_{\text{max}} \quad \dots (7)$$

[0024] 具体的な ΔT_{max} は、測定する DMD_{min} と式(1)～(5)の α 、 β 、 n によって決まる値である。

[0025] 被測定光ファイバとして石英系の光ファイバを想定し、以下具体的な値を求めてみる。線膨張係数 α と屈折率温度係数 β 、屈折率 n として、それぞれ合成石英の値 $\alpha = 0.51 \times 10^{-6} (\text{K}^{-1})$ 、 $\beta = 9.8 \times 10^{-6} (\text{K}^{-1})$ 、 $n = 1.45250$ (波長 850nm にて) (非特許文献 4, 5 参照) を代入した。温度変化を 0～1.0℃ まで振って計算した。図 1 に式(6)式の左辺の計算結果を示した。ここでは、 DMD_{min} は 0.30ps/m、0.20ps/m と 2 つの場合について計算した。この DMD_{min} の値は、DMD 測定で要求される測定精度から必要と思われる値を採用した(後述する DMD 測定についての補足説明参照。)。計算結果から、測定ズレを DMD_{min} の 5% 以下に抑えるためには、その値を 0.30ps/m、0.20ps/m としたとき、許容温度変化をそれぞれ、 $\pm 0.4^\circ\text{C}$ 、 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ に抑えなければならないことが分かる。

以下、この結果をもとに、解決手段について述べる。

[0026] 本発明の第 1 の手段は、周囲環境の温度が制御された場所で DMD 測定を行うことにより、DMD 測定の測定誤差を低減することである。

この第 1 の手段の有効性を示す実施例として、次に示す測定を行った。被測定光ファイバの中心にシングルモード光ファイバを用いて波長 850nm のパルス光を入射し、出射パルスの時間波形を 10 分間、2 分間隔で測定し、最初に測定したパルス中心とのズレを測定した。この実験は、DMD 測定そのものではなく、式(5)の Δt を測定ファイバにパルス光を伝搬させることによって求めるものである。測定には、IEC 60793-2-10 (非特許文献 6 参照) の A1a. 2 に準拠した石英系の 50/125GI 光ファイバ 3000m を用いて、温度の変化率が $+1.0^\circ\text{C}/\text{時間}$ (以下 h と略記する場合がある)、 $+2.0^\circ\text{C}/\text{h}$ 、 $+3.0^\circ\text{C}/\text{h}$ 、 $+4.0^\circ\text{C}/\text{h}$ 、 $+5.0^\circ\text{C}/\text{h}$ 程度となるように測定周囲温度を制御して測定を行った。測定結果を表 1 に示す。

[0027] [表 1]

測定時間〔分〕	パルス中心ズレ量〔ps〕				
	1.0°C/h	2.0°C/h	3.0°C/h	4.0°C/h	5.0°C/h
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.1	7.7	11.6	17.5	19.2
4	8.5	16.7	26.9	33.3	36.4
6	10.7	24.7	33.3	47.1	63.8
8	17.1	32.7	44.8	71.7	81.3
10	17.9	39.8	64.3	76.2	99.9

[0028] また、この結果から、単位時間あたりのパルス中心のズレ量を求め、測定時間 $t_{\text{measurement}}$
 $=10$ 分を仮定し、 $\text{DMD}_{\text{min}}=0.30\text{ps/m}$ 、 0.20ps/m として、 DMD_{min} に対
 するパルスの変化量の比(%)を求めた結果を図2に示す。

図2の値は表1の5回の測定平均から求めた値である。求めた量を式で表すと次式
 (8)になる。次式(8)中、 $\Delta t=t_{\text{measurement}}$ ×単位時間あたりのパルスのズレ量を表す
 。

[0029] [数8]

$$\frac{|\Delta t|}{\text{DMD}_{\text{min}} \times L} \quad \dots (8)$$

[0030] ここでパルスのズレ量は、測定ファイバの長さで規格化したものを用いた。この結果
 から、測定時間が10分で、温度変化率が $+1.0^\circ\text{C/h}$ 程度であれば、測定のズレは
 DMD_{min} に対して5%以下であることがわかる。それに対して、温度変化率が $+3.0$
 $^\circ\text{C/h}$ であると測定のズレは DMD_{min} に対して5%を大きく超えていることが分かる。

[0031] 本発明の第2の手段は測定時間を短くすることにより、DMD測定の測定誤差を低
 減することである。

この第2の手段の実施例として、前記第1の実施例の実験において測定時間を10
 分、5分、3分と仮定した場合について、図2と同様に温度変化に対する、パルスの伝
 搬時間変化量の比を求めた。その結果を図3に示す。

[0032] この結果より、測定時間を短くすると、DMD測定に与える影響が小さくなり、測定時

間を3分にすると温度変化率が $5.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ であっても測定精度を5%以内にできることが分かる。

[0033] 本発明の第3の手段は、前記第1, 第2の手段を併用することにより、更に測定精度を低減することである。

第3の手段の実施例として、第2の手段の実施例で挙げた図3において、温度変化率が $1.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ で測定時間3分の場合を見ると、測定精度は1%以内であることが分かる。

この結果から、第1, 第2の手段を併用することにより、非常に精度の高いDMD測定が可能であることが分かる。

[0034] 第3の手段の2つ目の実施例として、実際にDMD測定を行った。測定には、波長850nmにおいて、半径0〜23 μm のDMD値が0.15ps/m、0.24ps/mと非常に小さな2種類のファイバを用いて行った。ここで挙げたDMD値は、第3の手段を用いて、測定時間3分、温度変化率 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 以下の環境で10回測定した平均値である。以後、この条件で求めた値を $\text{DMD}_{\text{ideal}}$ とする。また、 $\text{DMD}_{\text{ideal}}$ の条件以外で、測定したDMD値を $\text{DMD}_{\text{measurement}}$ とする。以後評価する測定誤差の値は、以下の式(9)によって求めた値である。

[0035] [数9]

$$\frac{\text{DMD}_{\text{measurement}} - \text{DMD}_{\text{ideal}}}{\text{DMD}_{\text{ideal}}} \times 100 \quad [\%] \quad \dots (9)$$

[0036] 測定条件として以下の4つの条件で行った。ここで、温度変化率 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ は、空調設備を備えた部屋での最大変動幅であり、また温度変化率 $4.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ は野外でのおおよその変動幅である。但し、ここで示した値は、実際に測定時に温度をモニターした最大変動幅であり、勿論温度変動は、季節、時間帯、天候などにより異なる可能性がある。

[0037] [1]測定時間10分、温度変化率 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ の変動[2]測定時間10分、温度変化率 $\pm 4.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ の変動[3]測定時間5分、温度変化率 $\pm 4.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ の変動[4]測定時間3分、温度変化率 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}/\text{h}$ の変動。

[0038] 測定結果を表2に示す。

[0039] [表2]

DMD _{ideal}	測定条件			
	[1]	[2]	[3]	[4]
0.15	+7.5%	-12.5%	+5.8%	+2.1%
0.24	+4.6%	+8.0%	+4.2%	-1.3%

[1] 測定時間10分、温度変化率 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ の変動

[2] 測定時間10分、温度変化率 $\pm 4.0^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ の変動

[3] 測定時間5分、温度変化率 $\pm 4.0^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ の変動

[4] 測定時間3分、温度変化率 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ の変動

[0040] 表2の結果から、測定時間を短くし、温度変化が小さい方が測定誤差が小さいことが分かる。

[0041] また、DMD測定では、波長850nmにおける光ファイバの伝送損失が約2.4dB/kmと大きいので、測定ノイズを減らすため、測定平均化回数を多くする必要がある、測定に時間がかかる。この実施例では、測定時間を減らす手段として、光源の出力を大きくすること、測定感度の高い検出器を使用することにより解決した。測定時間を減らす方法は、それ以外にも検出器のデータサンプリング速度を上げることなどによっても可能である。

[0042] <DMD測定についての補足説明>

DMD測定は、IEC/PAS 60793-1-49(非特許文献2参照。)で規格されている測定方法であり、マルチモード光ファイバのモード分散を測定する方法である。

DMD(Differential mode delay)とは、モード間遅延時間差であり、被測定ファイバの径方向オフセットのある範囲内(R_{inner} ~ R_{outer})での最も速いモードと最も遅いモードとのパルス遅延時間差と定義される。

[0043] (DMD測定方法)

図4に示すように、コア領域2とその外周に設けられたクラッド領域3とを有する被測定光ファイバ1を用い、この被測定光ファイバ1のコア領域2のある位置(励振位置4)に励振ファイバ(シングルモード光ファイバ)から光を入射し、そのパルス応答を測定

する。この励振位置4を $R_{\text{inner}} = 0 \mu\text{m}$ (コア中心) から $R_{\text{outer}} = 23 \mu\text{m}$ まで径方向に変化させ、各点でのパルス応答を測定する。そのパルス応答を図2に示すように、オフセット位置ごとに記録する。

[0044] (DMD算出方法)

測定によって得られたデータから、オフセットのピークパワーの25%にあたる点を fast edge、slow edgeとする。あるオフセット範囲内 (図2では $R = 1 \sim 5 \mu\text{m}$) の fast edgeの最も早いものを T_{fast} とし、slow edgeのうちで最も遅いものを T_{slow} とする。このときのDMDの値は次式(10)で表される。

[0045] [数10]

$$\text{DMD} = (T_{\text{slow}} - T_{\text{fast}}) - \Delta T_{\text{REF}} \quad \dots (10)$$

[0046] 但し、 ΔT_{REF} は、入射パルスのパルス幅 ΔT_{pulse} と波長分散による広がり Δt_{chrom} より次式(11)で表される。

[0047] [数11]

$$\Delta T_{\text{REF}} = (\Delta T_{\text{pulse}}^2 + \Delta t_{\text{chrom}}^2)^{1/2} \quad \dots (11)$$

[0048] 以上のように算出されたDMDについて、径方向のオフセットが $R = 5 \sim 18 \mu\text{m}$ までの範囲 (inner) と $R = 0 \sim 23 \mu\text{m}$ までの範囲 (outer) のそれぞれを算出する。

[0049] (DMDの規格)

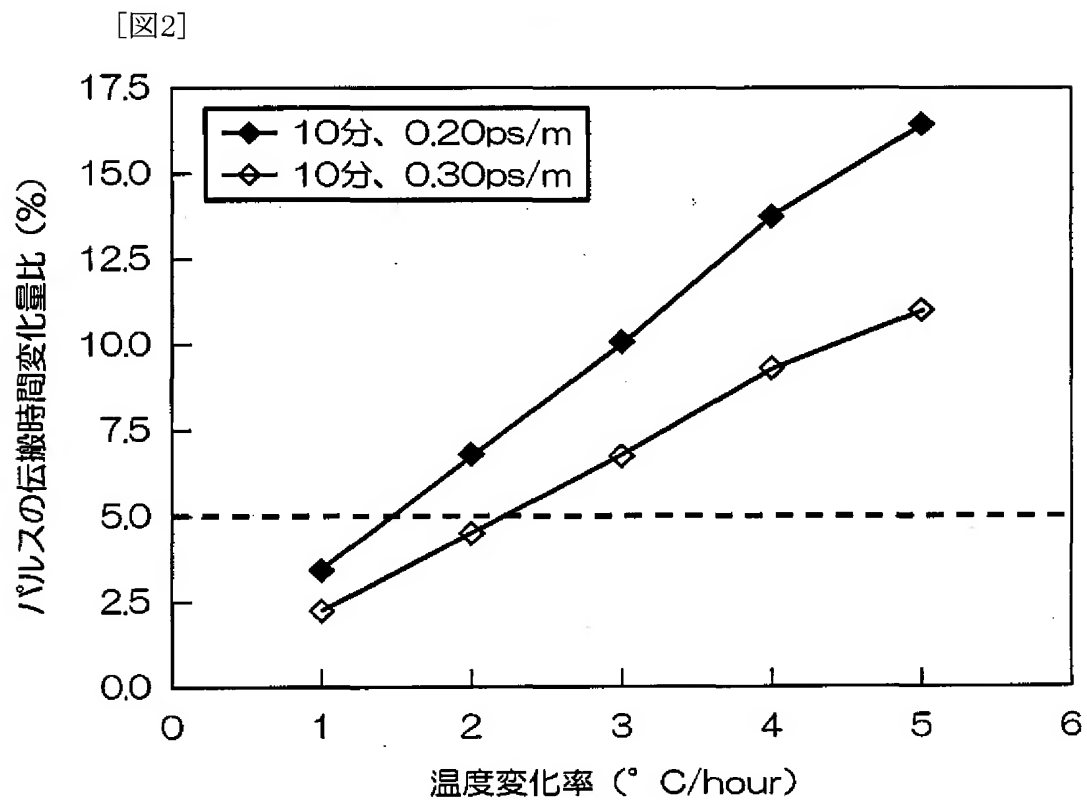
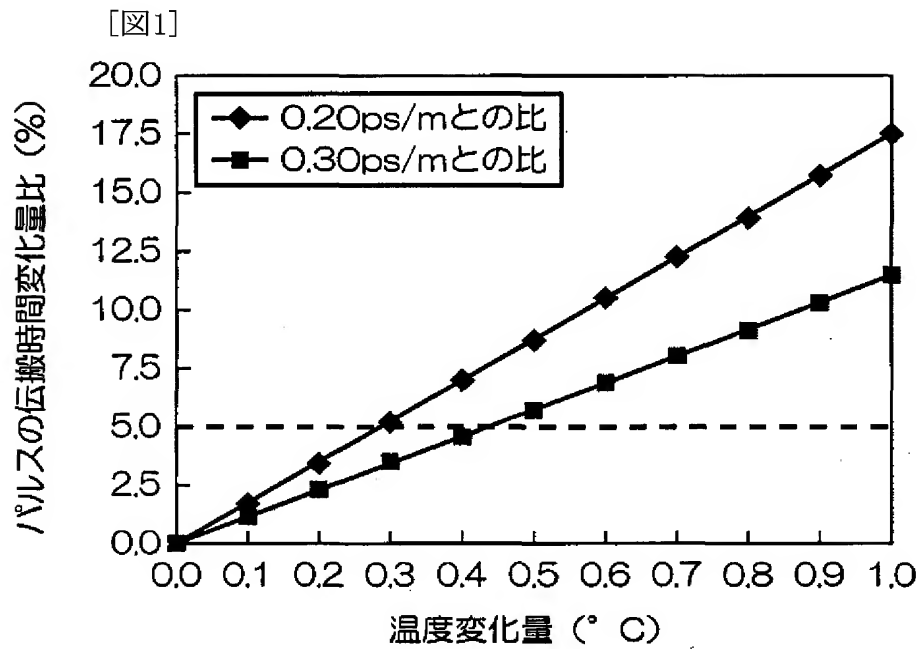
IEC 60793-2-10 (非特許文献6参照。)のAla. 2に準拠した、10Gbpsで300m伝送可能な光ファイバは、DMDの算出方法によって算出された2つのDMDが表3中の6つのテンプレート(template)のうちのいずれかを満たさなければならない。

[0050] [表3]

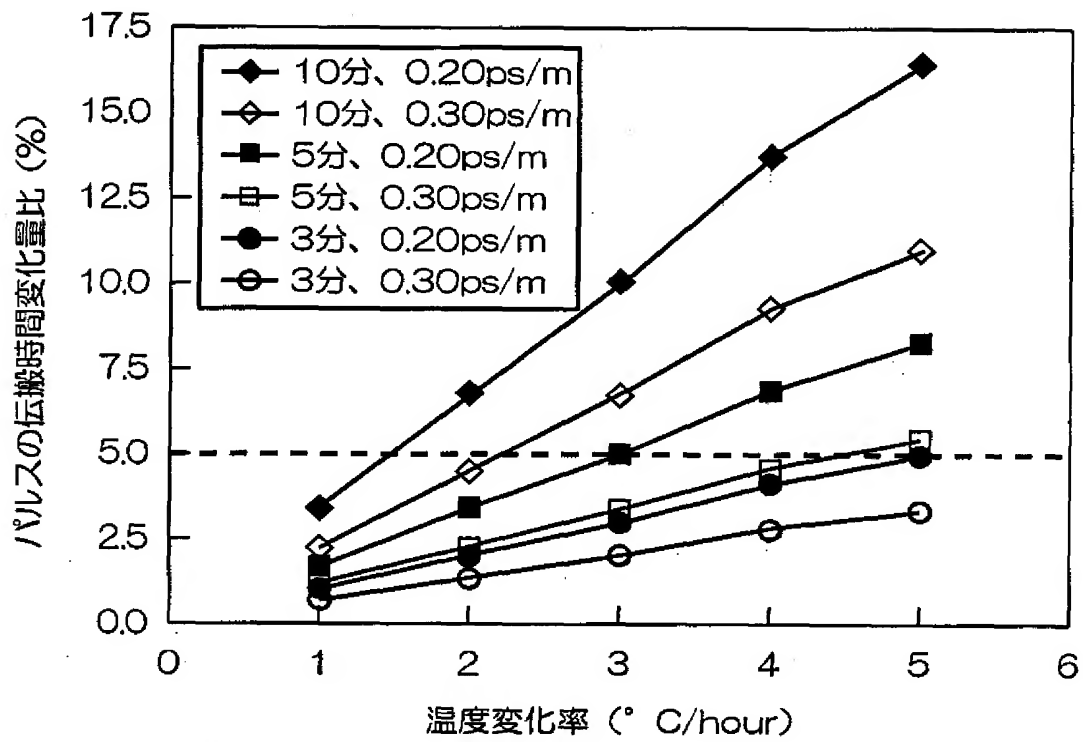
Template number	Inner mask DMD(ps/m) for $R_{INNER}=5\mu m$ to $R_{OUTER}=18\mu m$	Outer mask DMD(ps/m) for $R_{INNER}=0\mu m$ to $R_{OUTER}=23\mu m$
1	≤ 0.23	≤ 0.70
2	≤ 0.24	≤ 0.60
3	≤ 0.25	≤ 0.50
4	≤ 0.26	≤ 0.40
5	≤ 0.27	≤ 0.35
6	≤ 0.33	≤ 0.33

請求の範囲

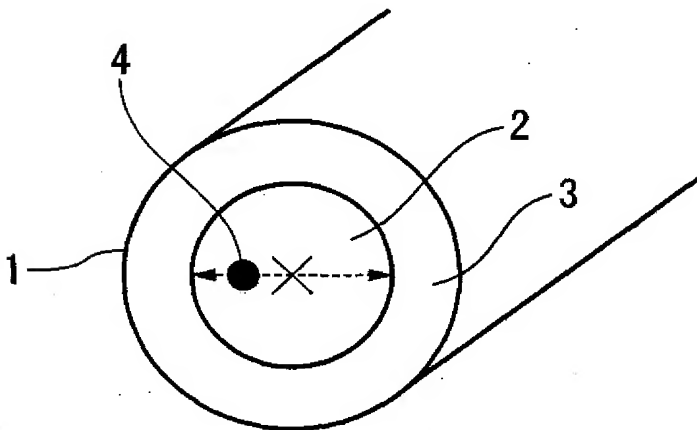
- [1] マルチモード光ファイバのDMD測定において、測定時間内の温度変化をモニターし、温度変化量を制御した環境下でDMD測定を行うことを特徴とするマルチモード光ファイバの測定方法。
- [2] 測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積が 0.4°C 以下であることを特徴とする請求項1記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [3] 測定時間と被測定ファイバの測定時の温度変化率との積が 0.3°C 以下であることを特徴とする請求項1記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [4] 周囲環境の温度変化率を $\pm 1.0^{\circ}\text{C}/\text{時間}$ 以下に制御した環境下で行うことを特徴とする請求項1に記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [5] 測定時間を10分以内とすることを特徴とする請求項1に記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [6] 測定時間を3分以内とすることを特徴とする請求項1に記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [7] 周囲環境の温度変化率を $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 以下に制御した環境下で、且つ測定時間を10分以内とすることを特徴とする請求項1に記載のマルチモード光ファイバの測定方法。
- [8] DMD測定を行う前に、被測定ファイバを測定環境下に置いて、該光ファイバの温度が測定環境の温度と実質的に等しくなった後、DMD測定を行うことを特徴とする請求項1に記載のマルチモード光ファイバの測定方法。



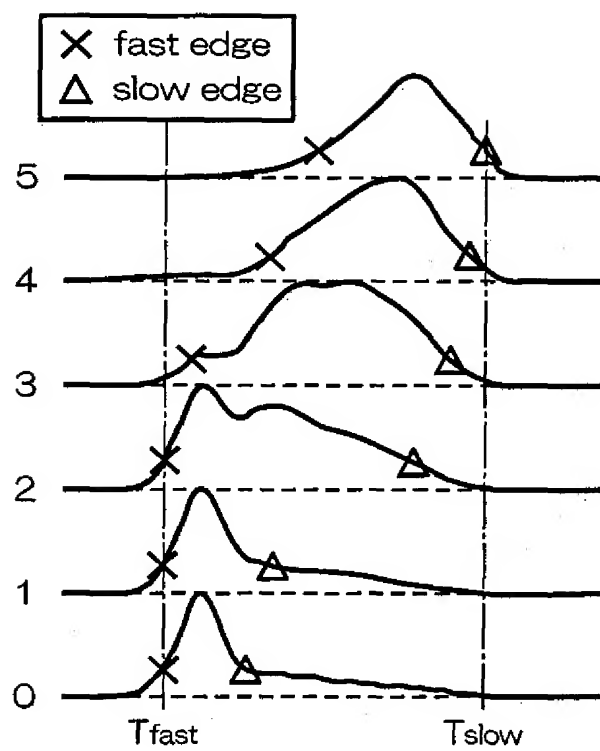
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01M11/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01M11/00-11/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	IEC PAS 60793-1-49: "Optical fibres - Part 1-49: Measurement methods and test procedures - Differential Mode Delay", 2002.05	1-8
Y	JP 60-214235 A (Hitachi Cable, Ltd.), 26 October, 1985 (26.10.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
Y	JP 5-248996 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 28 September, 1993 (28.09.93), Par. No. [0006] (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
25 April, 2005 (25.04.05)

Date of mailing of the international search report
17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G 0 1 M 1 1 / 0 2

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G 0 1 M 1 1 / 0 0 - 1 1 / 0 8

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST ファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	IEC PAS 60793-1-49: "Optical fibres - Part 1-49: Measurement methods and test procedures - Differential Mode Delay", 2002.05	1-8
Y	JP 60-214235 A (日立電線株式会社) 1985.10.26, 全文、全図 (ファミリー無し)	1-8
Y	JP 5-248996 A (日本電信電話株式会社) 1993.09.28, 【0006】段落 (ファミリー無し)	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田邊 英治

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2W

9409